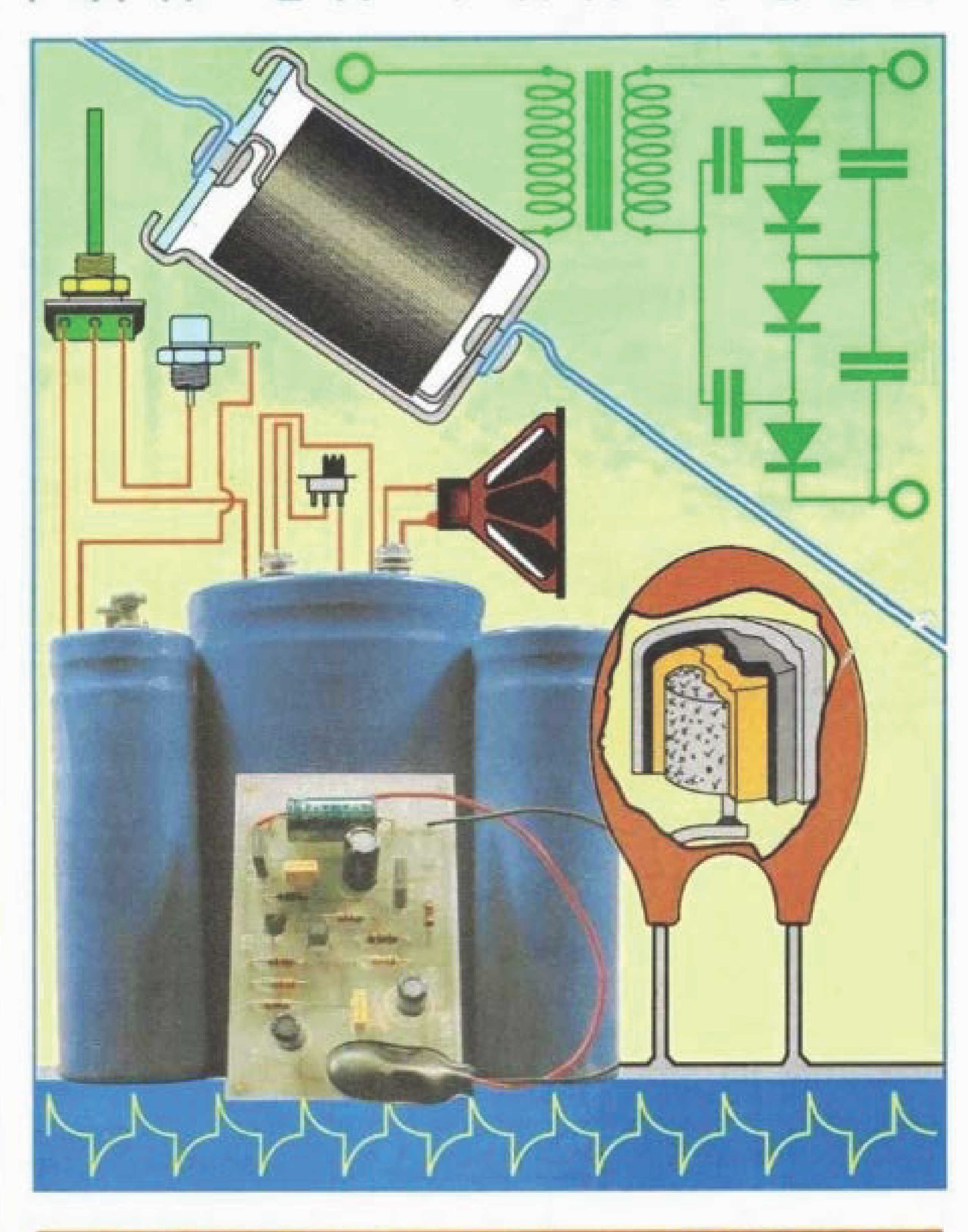
ABC ELECTRONIQUE

APPRENDRE L'ELECTRONIQUE
PAR LA PRATIQUE



CONDENSATEURS — Les condensateurs électrolytiques

TECHNOLOGIE — Calcul simplifié d'un transformateur

THEORIE — Les multiplicateurs de tension

MONTAGE — Amplificateur à transistors

16

M 1286 - 20 - 19.00 F
ISSN : 1167-61..



Les numéros 1,2,3,4,5, 6,7,8,9, 10 & 11de l'ABC de l'électronique sont épuisés. Nous disposons des photocopies de ces numéros au même tarif.





Edité par SORACOM Editions
SARL au capital de 250.000 Frs
La Haie de Pan - BP 88
35170 BRUZ

Téléphone : 99.52.98.11
Fax : 99.52.78.57

Directeur de publication
Rédacteur en chef

S. FAUREZ

Secrétaire de rédaction

André DURAND

Directeur de fabrication

Edmond COUDERT

Abonnements

SORACOM

Composition - maquette dessins

J. LEGOUPI – B. JÉGU

Vous pouvez obtenir les numéros précédents aux Editions SORACOM.
Du n°1 à 10 20 F par numéro.
à partir du n°11 21F par numéro.

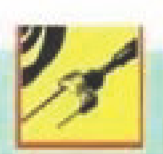
ABONNEMENT
180 F pour 12 numéros
soit 15 F le numéro (au lieu de 19 F)
Paiement par carte bancaire accepté
• Etranger : nous consulter

Imprimé en France par
Société Mayennaise d'Impression
53100 MAYENNE

Dépôt légal à parution – Diffusion NMPP

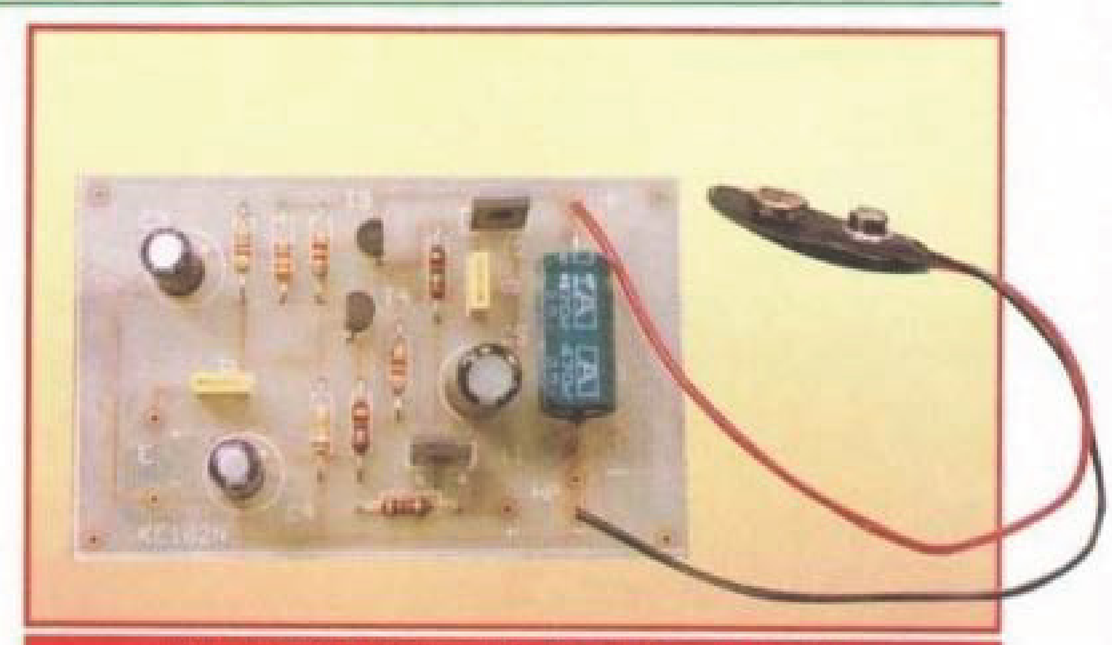
Commission paritaire 73610





AMPLIFICATEUR A TRANSISTORS

Un montage, pour une fois, sans circuit intégré…



Vue générale de l'ensemble des composants montés. Vous pouvez le commandez, voir pub Génération VPC réf : KE 102 N Prix 47 F + 28 F port

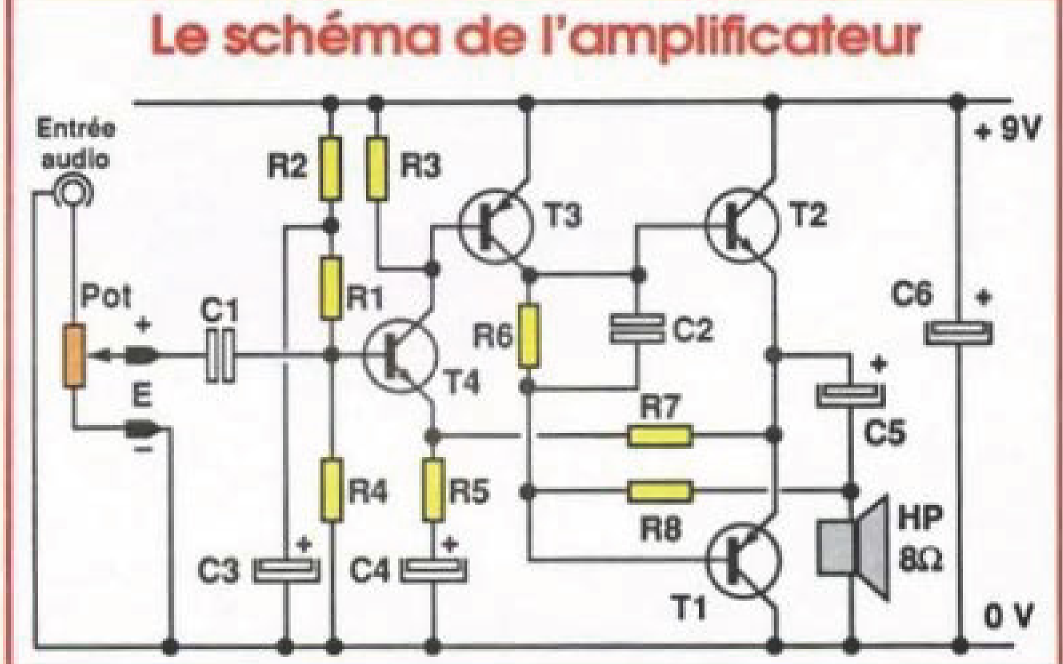
A l'heure actuelle, la réalisation d'un amplificateur basse fréquence se fait le plus souvent à grand renfort de circuits intégrés spécialisés. Le montage que nous vous proposons aujourd'hui tend à prouver que cela n'est pas indispensable : Quelques transistors et composants passifs très courants permettent d'obtenir un résultat similaire.

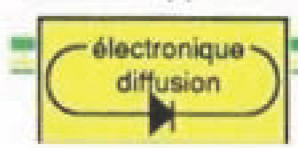
Ce montage est très économique. Il délivre une puissance de sortie de 750 mW avec une distorsion inférieure à 1%. Avec une alimentation de 9 volts, sa consommation globale en l'absence de signal, ne dépasse pas 10 à 20 mA.
L'impédance d'entrée est de l'ordre de 40 kΩ.

LE SCHEMA

Vous noterez que tous les premiers étages sont montés en couplage direct, les deux premiers, comme un darlington, mais avec des transistors complémentaires : T4 est un NPN et T5 un PNP. L'étage final est symétrique, les transistors T2 et T1 sont eux aussi complémentaires pour travailler en opposition de phase, on dit qu'ils sont montés en «push-pull complémentaire». Leur montage en collecteur commun (ou en émetteur suiveur) permet d'obtenir une impédance de sortie suffisamment basse pour attaquer un haut-parleur de 8 Ω à travers le condensateur C5 qui ne laisse passer que la composante alternative du signal de sortie.

Le schéma de l'amplificateur





L'excellente linéarité (=fidélité) de cet amplificateur est due à une boucle de contre-réaction très efficace : une fraction du signal de sortie est réinjectée en opposition de phase sur l'émetteur de T4 à travers R7 qui lui sert aussi de polarisation. R8 joue un rôle similaire sur les bases de T1 et T2, à travers C2 pour ce dernier transistor.

La face avant est facultative, mais elle vous suggère une disposition rationnelle des entrées/sorties et des commandes de l'amplificateur.

Réalisation et réglages

Ce montage, très facile à monter sur un circuit imprimé simple face, est à utiliser avec un haut-parleur extérieur. Le potentiomètre d'entrée (47 kΩ, log) est conseillé pour régler le volume sonore.

Liste des composants

Résistances à couche, 1/4 W, 5 ou 10 %

R1	47	kΩ	R5	180	Ω
R2	33	kΩ	R6	150	Ω
R3	8,2	kΩ	R7	8,2	kΩ
R4	180	kΩ	R8	470	Ω

Condensateurs

Tous sont à sorties radiales sauf C6

C1	0,1	µF / 100 V Polyc.
C2	10	nF / 100 V Polyc.
C3	100	µF / 25 V Electrolyt.
C4	100	µF / 25 V Electrolyt.
C5	470	µF / 25 V Electrolyt.
C6	470	µF / 25 V Electrolyt. Sorties axiales

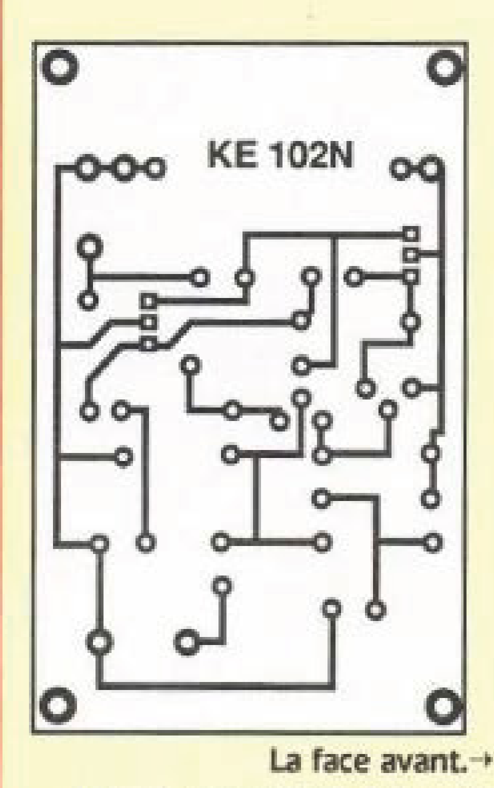
Semi-conducteurs :

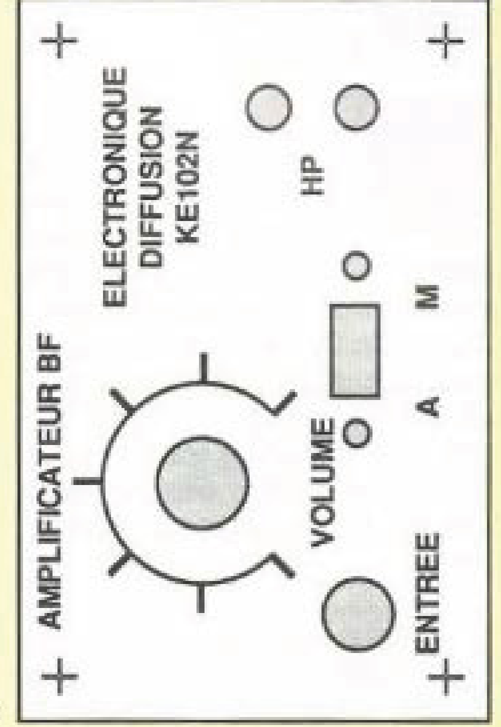
T1	BD136	T3	BC558
T2	BD135	T4	BC548

Divers :

1 clips de pile 9 V - 1 interrupteur
1 haut-parleur 8 Ω - 2 douilles 2 mm
2 fiches bananes miniatures 2 mm
1 potentiomètre 47 kΩ logarithmique
1 embase femelle cinch de chassis

«Mylar» du circuit imprimé simple face (EchElle 1).





La face avant.→

Le mylar, le kit complet, la face avant et le boîtier peuvent vous être fournis par Electronique Diffusion, voir encadré dans ce numéro.

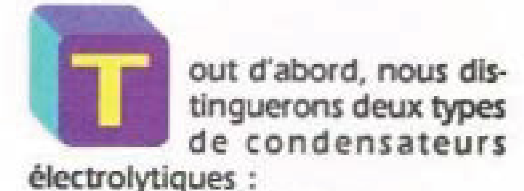
Implantation des composants





LES CONDENSATEURS ELECTROLYTIQUES

Appelés aussi "électrochimiques", "chimiques" ou "tantales", quel en est leur principe ?.



Tout d'abord, nous distinguerons deux types de condensateurs électrolytiques :
- Ceux à l'aluminium.
- Ceux au tantale.



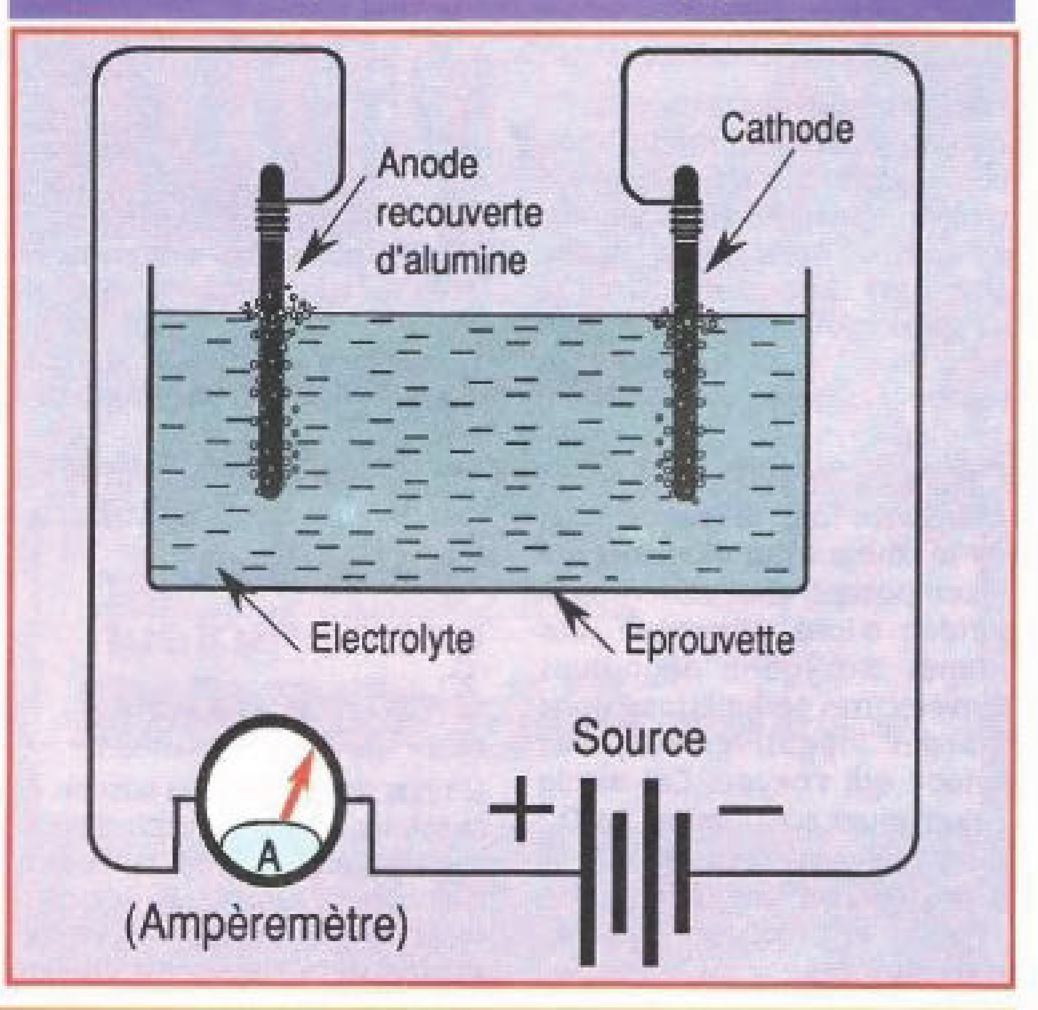
LES CONDENSATEURS ELECTROLYTIQUES A L'ALUMINIUM

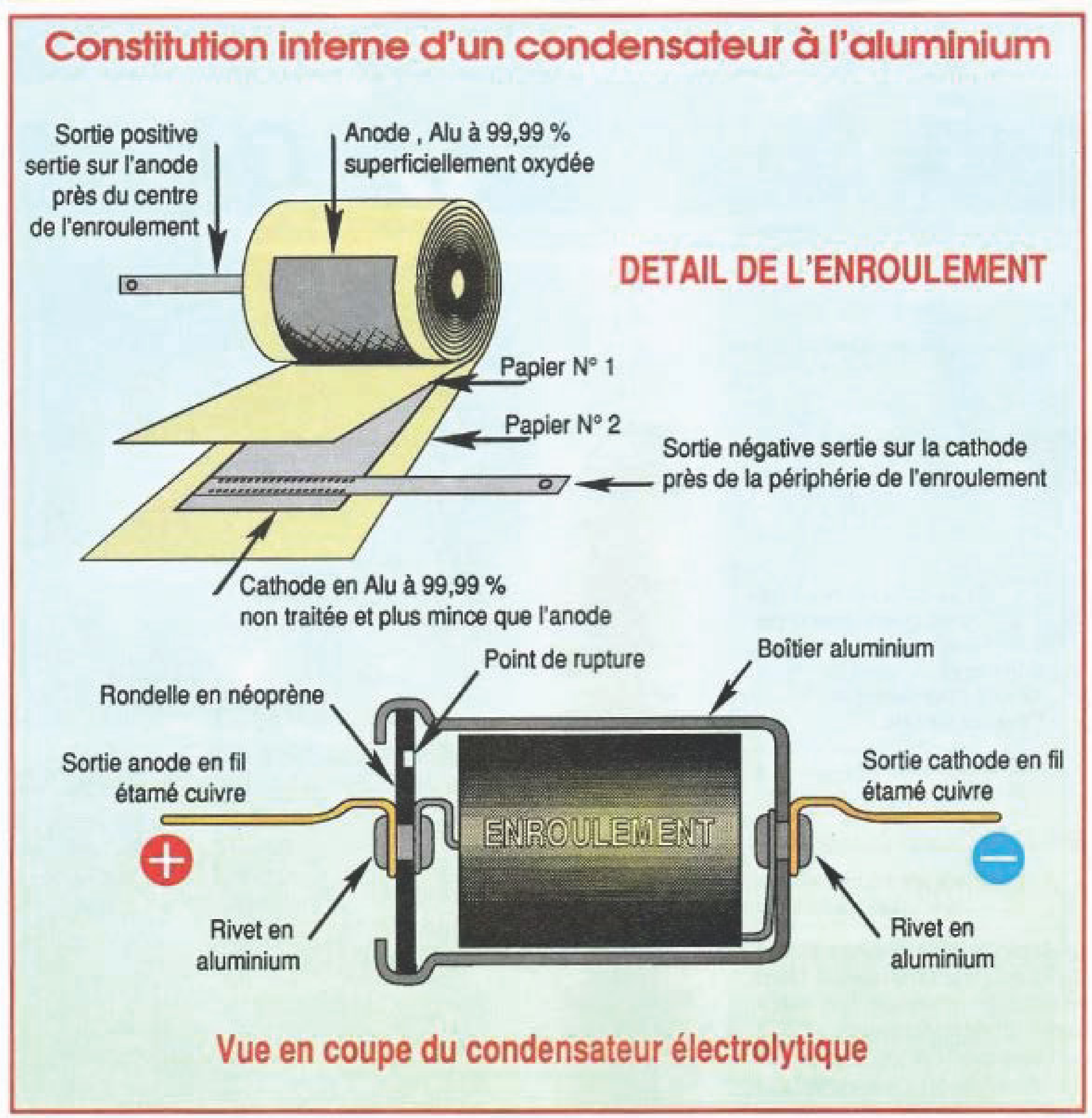
Ce sont les plus anciens et toujours les plus répandus à l'heure actuelle, d'ailleurs lors qu'on parle d'"électrolytique", d'"électrochimique" ou de "chimique", il s'agit toujours d'un condensateur de ce type.

Leur principe :
Nos lecteurs qui ont des notions de chimie pourront se passer des commentaires entre parenthèses !
Lorsque nous relions une source de courant continu à deux électrodes d'aluminium placées dans un bain d'une solution d'acide borique, un courant intense s'établit dans le circuit. L'électrolyse de la solution



Quelques condensateurs électrolytiques.





(autrement dit, la dissociation par le courant des éléments qui la composent) provoquent l'apparition d'ions d'oxygène (des atomes d'oxygène dépourvus d'un électron périphérique donc chargés négativement) sur l'anode qui s'oxyde. Cet oxyde d'aluminium ou alumine, Al_2O_3, qui est un excellent isolant, se forme ainsi sur l'anode de façon régulière et provoque une chute du courant.

Principe du condensateur électrolytique

Si nous augmentons la tension de la source, le courant croit de nouveau, l'épaisseur de la couche d'alumine augmente et provoque une nouvelle chute du courant et ainsi de suite. Nous assistons ainsi à des charges successives d'un condensateur dont une armature est formé par l'anode, le diélectrique par la couche d'alumine et la seconde armature par l'électrolyte lui-même. En effet, l'électrolyte est ici considéré comme un conducteur tout simplement relié à la cathode du bain. L'électrolyte n'est donc pas le diélectrique comme certains ont tendance à croire.

Nous avons ainsi obtenu un condensateur polarisé. Si nous inver-

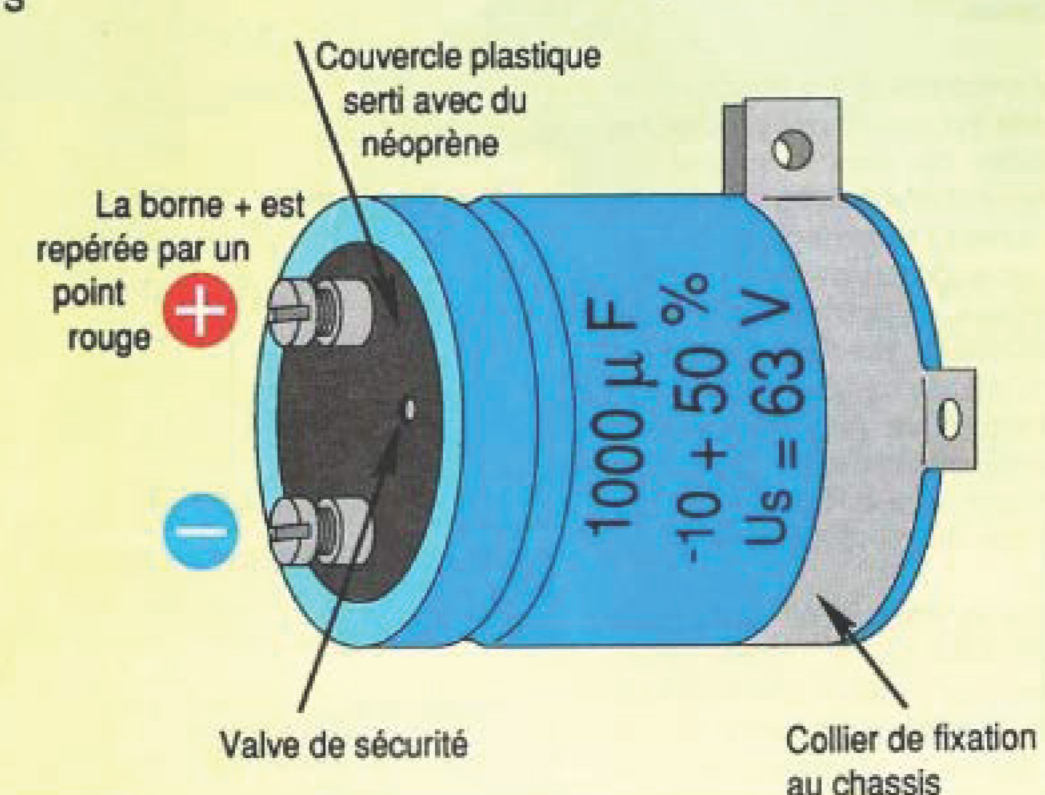


Divers modèles de condensateur à aluminium

Sorties par fil sur les petits condensateurs

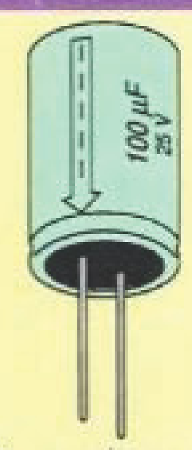


Sorties à bornes pour les gros condensateurs



Le boîtier est raccordé au –

Le boîtier est isolé

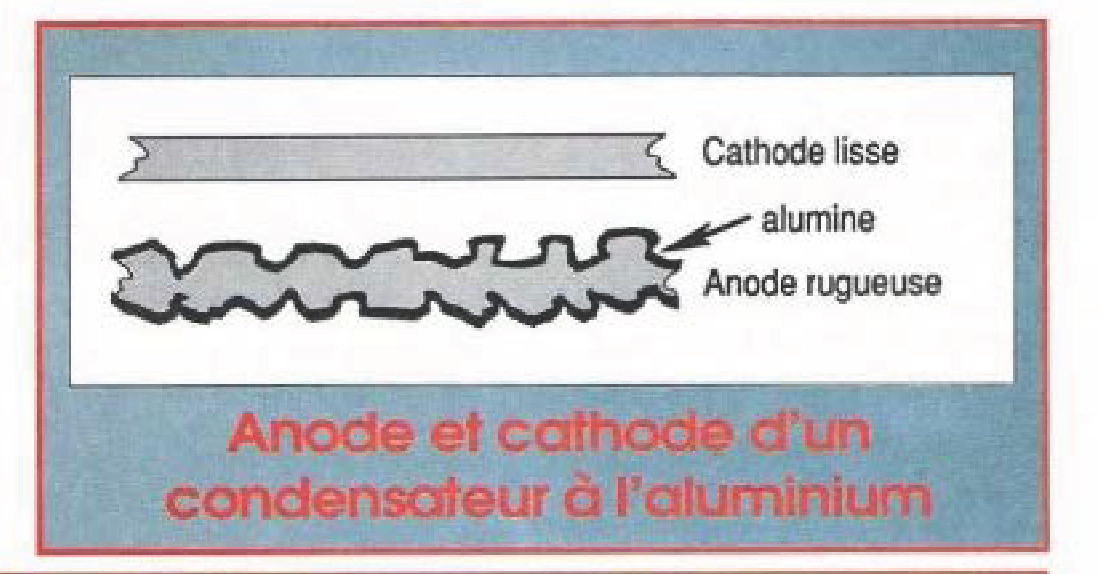


Petit condensateur à sorties radiales notez le repérage du fil ⊖

L'alumine est un excellent isolant dont la constante diélectrique est de 9. Elle est utilisable sous de très faibles épaisseurs inférieures au µm, ce qui permet d'obtenir de fortes capacités sous un volume réduit.

Leur fabrication : Elle ressemble à celle des condensateurs au papier.

L'anode est formée par une bande d'aluminium très pur déjà anodisée, c'est à dire recouverte d'une couche d'alumine d'épaisseur convenable en fonction de la tension de service. Pour diminuer encore l'encombrement du condensateur, cette bande a été rendue rugueuse par un procédé



Anode et cathode d'un condensateur à l'aluminium

sons les polarités, le condensateur formé sera détruit pour se reformer sur l'autre électrode mais ceci demande un temps trop long pendant lequel le système sera conducteur donc en court-circuit avec toutes ses conséquences.

chimique ce qui multiplie sa surface par un facteur 15 environ.

La cathode est formée par une bande d'aluminium lisse et sans alumine.

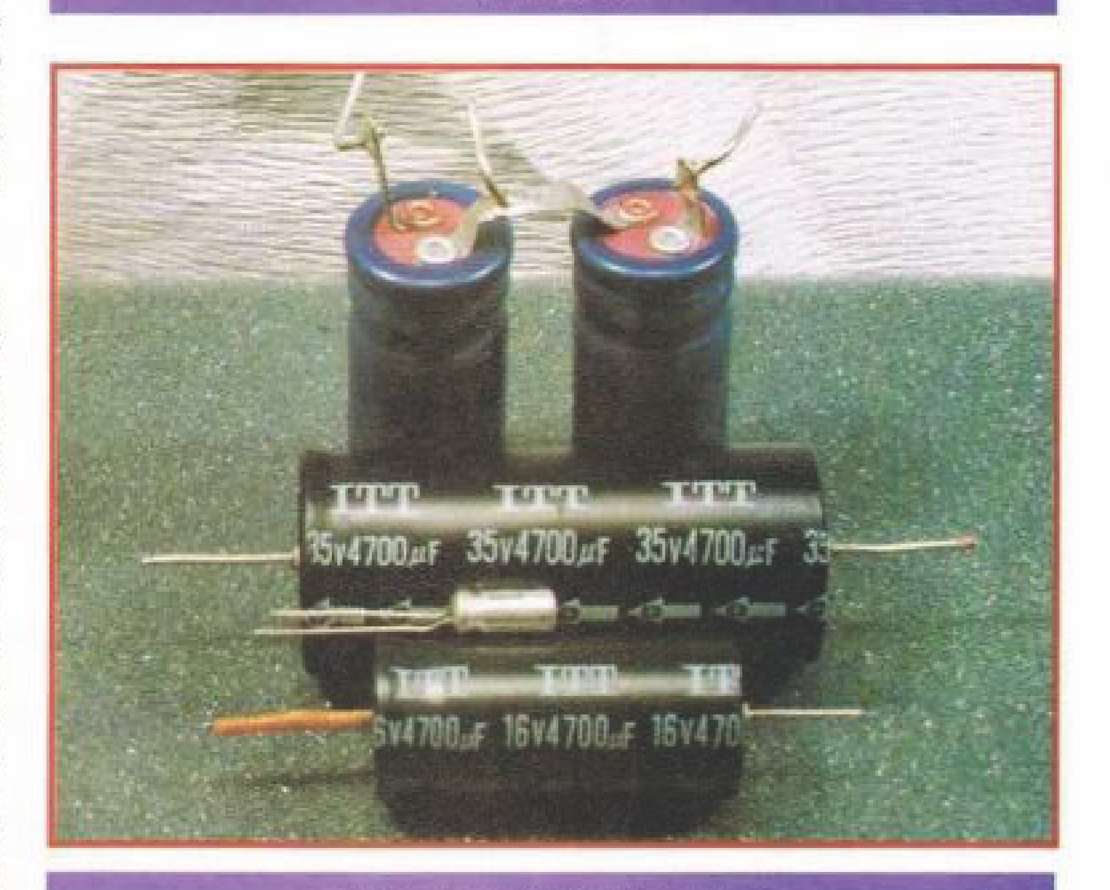
L'écartement entre anode et cathode est assuré par une ou des bandes de papier buvard imprégné d'électrolyte. Ce dernier est une solution aqueuse d'acide borique ou de borate d'ammonium. Le boîtier, lui-aussi en aluminium, est fermé par une rondelle de néoprène sertie qui comporte un point de rupture destiné à évacuer les gaz en cas de surcharge et éviter ainsi l'explosion du condensateur.

Une fois montés ces condensateurs sont soumis à une "post-formation", c'est à dire une mise sous tension de plusieurs jours de façon à restaurer l'alumine qui aurait pu être détériorée en cours de fabrication.

Leur marquage se fait en clair, les petits modèles comportent la valeur de la capacité, la tension de service et le repérage du pôle négatif par des flèches munies du signe -. Les gros condensateurs de filtrage comportent la valeur de la capacité (attention le µ est souvent remplacé par un M, MF = µF !...), sa tolérance (voir la note ci-dessous), la fréquence maximum de l'ondulation du courant redressé (100 Hz minimum), la tension de service Us, la tension de crête maximale Up (parfois) et la polarité + et -.



Condensateur électrolytique de 300.000 µF... ou 1/3 Farad !



Condensateur d'utilisation courante

Les condensateurs à l'aluminium vieillissent même en stockage, leur valeur diminue avec le temps (voir la note ci-dessous). Ceci est dû à la lente évaporation de leur électrolyte liquide. Par contre ils supportent pendant des durées brèves des inversions de polarité et des décharges en court-circuit franc grâce à leur pouvoir de récupération ou "auto-cicatrisation" de leur diélectrique et à leur impédance interne qui limite le courant de court-circuit.
Ils sont surtout utilisés pour le filtrage de tensions redressées, dans les liaisons entre étages audio et leur découplage.



CONDENSATEURS ELECTROLYTIQUES AU TANTALE

Ils sont communément appelés condensateur au tantale ou "tantales" tout court. Leur principe est le même que ceux à l'aluminium mais leur technologie est tout à fait différente.

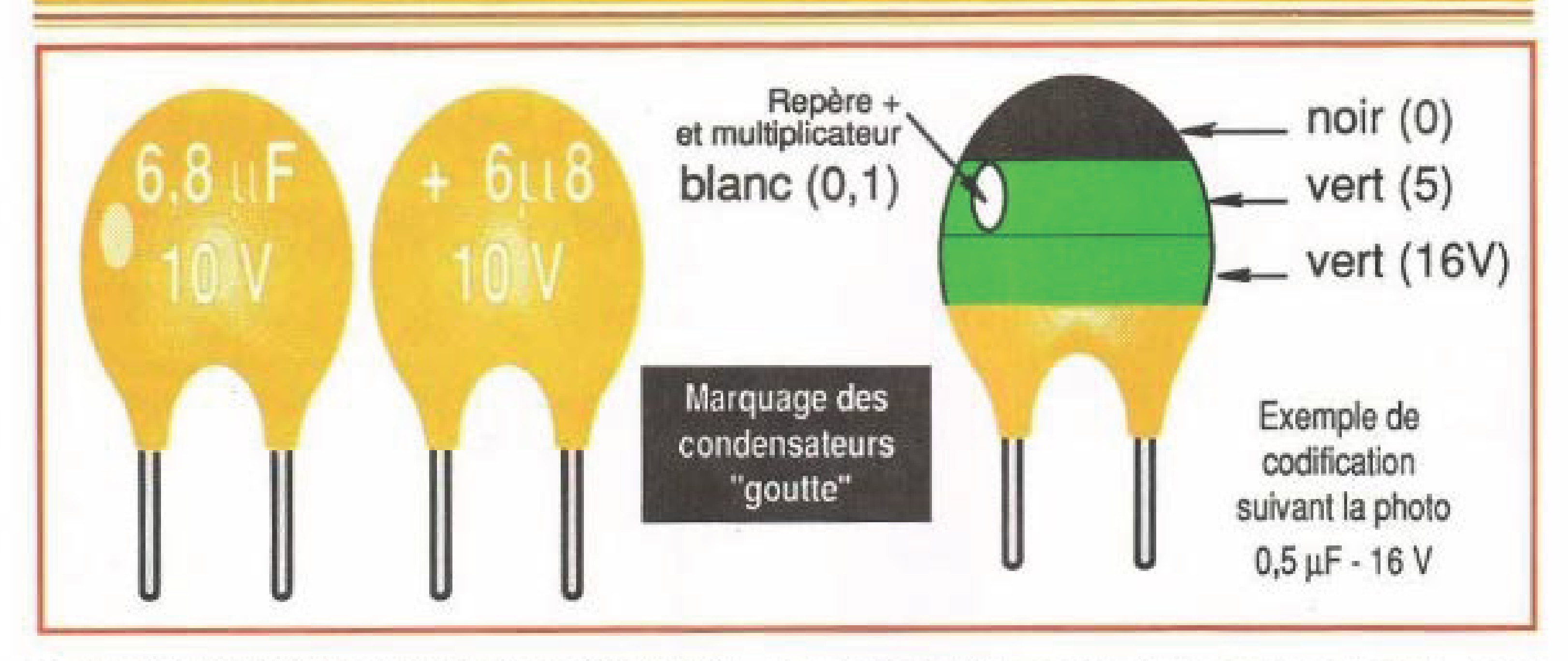
Le diélectrique est formé par un film très robuste d'oxyde de tantale. Le tantale est un métal réfractaire (il ne fond qu'à des températures très élevées), aussi sa métallurgie fait-elle appel à la technique du frittage (ou métallurgie des poudres). Ici nous ne parlerons que du type "goutte" à diélectrique solide qui est de loin le plus courant à l'heure actuelle. L'anode est donc constituée d'une pastille de poudre de tantale frittée dont la très grande porosité permet d'obtenir une surface active de 1 m² par cm³ de volume.

L'électrolyte utilisé est une couche de bioxyde de manganèse, MnO_2, dont l'état est solide. Cette couche est elle-même revêtue d'une couche de graphique dont l'argenture extérieure permet de souder la patte de connexion négative. C'est la couche de graphite qui joue le rôle de cathode. Le diélectrique du condensateur est formé par la couche d'oxyde de tantale qui se forme sur l'anode. Le boîtier est formé par un enrobage de résine synthétique en forme de goutte, d'où leur nom.

Contrairement au condensateur à l'aluminium, le condensateur au tantale à électrolyte solide a l'avantage de ne pas vieillir en

Le condensateur au tantale à électrolyte solide (type "goutte").

Exemple d'un condensateur au tantale. Sa taille réelle est de 3mm de diamètre.



stockage : ils restent stables et ne dégagent aucun gaz. Par contre ils ne tolèrent pas les inversions de polarité et les décharges sur un court-circuit franc, ceci est dû à leur impédance interne extrêmement faible (ce qui est une qualité !). Ne les court-circuitez jamais lorsqu'ils sont chargés et vérifiez bien leur polarité avant de les câbler !

Leur marquage se fait généralement en clair ou en code littéral (code où le symbole du sous-multiple, ici le µ, indique aussi l'emplacement de la virgule) avec la tension de service.

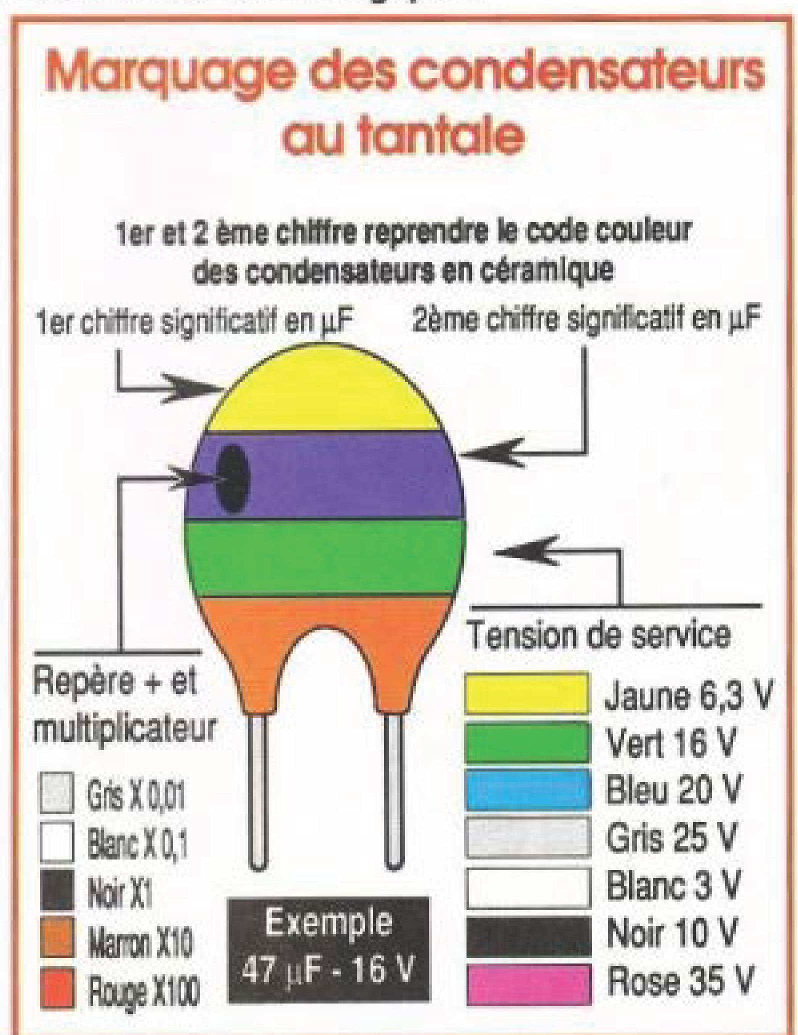
Note concernant la tolérance des condensateurs à électrolyte liquide.

Leur tolérance est de +50% - 10%. Cela signifie que les fabricants ont tendance à leur donner une valeur supérieure à leur valeur nominale. En effet, cette valeur diminue avec le temps. Aussi, après un stockage prolongé, il est recommandé de "régénérer" un tel condensateur en le chargeant progressivement jusqu'à sa tension de service pendant plusieurs heures voire même plusieurs jours pour les fortes capacités (C > 10.000 µF) avant leur mise en service. Cette remarque ne concerne pas les condensateurs au tantale du type "goutte".

La patte positive est repérée par le symbole + ou une tache de couleur.

Leur marquage se fait parfois en couleur mais le code est un peu différent de celui des condensateurs céramique, nous vous le donnons ici.

Le marché de ce type de condensateur est en plein développement. Leur principale application : les découplages pour l'élimination des signaux à front raide dans les circuits logiques.





MULTIPLICATION DE TENSION

RETOUR SUR LES ALIMENTATION

Dans l'ABC Electronique N° 5 nous vous avions exposé les différents circuits de redressement à une et deux alternances ainsi que le filtrage.

Nous poursuivons cette étude en vous parlant des trois circuits fondamentaux redresseurs à multiplication de tension :

- Le doubleur de tension à une alternance.
- Le doubleur de tension à deux alternances.
- Le multiplicateur de tension.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3 : Allure de la tension de sortie d'un doubleur à une alternance

Le doubleur de tension à une seule alternance :

Nous nous référons aux figures 1 et 2 qui nous montre le même circuit fléché selon le sens des alternances. Pour des raisons de clarté, nous supposons qu'à la mise sous tension, le secondaire du transformateur est polarisé comme indiqué sur le figure 1. Pendant la première alternance

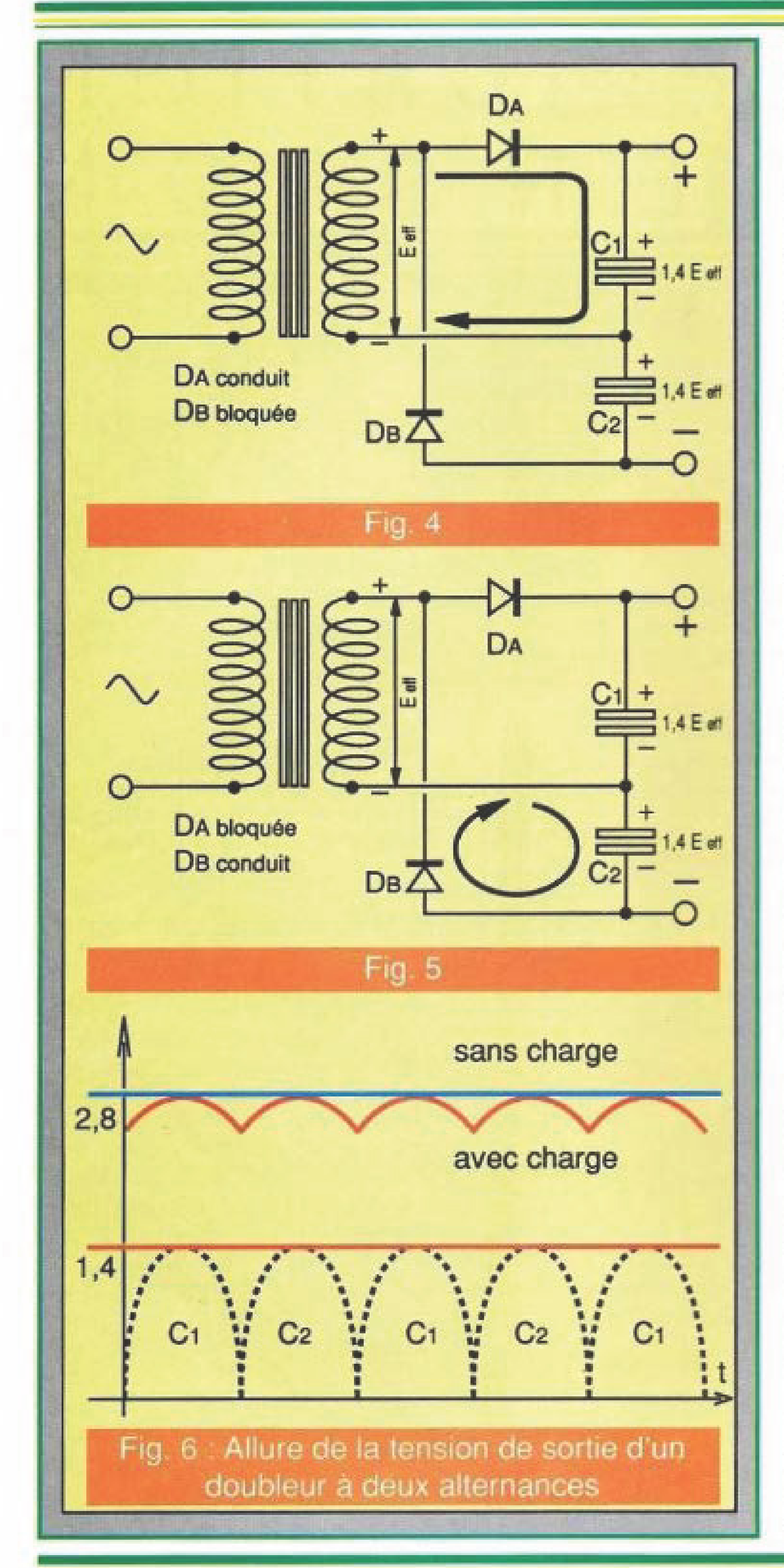


Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6 : Allure de la tension de sortie d'un doubleur à deux alternances

négative, la diode DA conduit et la diode DB ne conduit pas, DA permet de charger le condensateur C1 à la tension maximale redressée (soit Eeff x 1,4) et selon la polarité indiquée. Pendant l'alternance positive suivante (figure 2), DA ne conduit pas et DB conduit en chargeant le condensateur C2. La tension totale aux bornes de C2 est égale à la somme de la tension maximale de l'alternance et de la tension de charge de C1. Pendant l'alternance négative suivante, DB ne conduit plus et C2 se décharge dans la charge Rc. Si la valeur de Rc est infinie (charge nulle), les condensateurs restent chargés : C1 sous 1,4 Eeff et C2 sous 2,8 x Eeff. Si la valeur de Rc diminue (la charge augmente), la tension aux bornes de C2 diminue pendant l'alternance négative et retourne à 2,8 x Eeff pendant l'alternance positive. Tous se passe comme si nous avions affaire au redressement d'une seule alternance, mais avec une tension de sortie doublée* dans les crêtes. Dans la pratique la tension ne chute jamais à 0 V car la décharge des condensateurs comblent plus ou moins partiellement les vides.

* Il faut retrancher à cette tension la chute de tension directe dans une diode (0,7 V pour les diodes au silicium).

Le redresseur de tension à une seule alternance est peu utilisé à cause de son faible rendement et des difficultés de filtrage : il ne convient que pour des courants de sortie relativement faibles. Son seul avantage réside en la mise à une masse commune de son entrée et de sa sortie, ce qui permet de se passer du transformateur si le rapport de transformation est égal à 1.



Le doubleur de tension à double alternance :

Les figures 4 et 5 vous indiquent les polarités. Pendant l'alternance positive de la tension du secondaire (figure 4), la diode DA conduit et permet de charger le condensateur C1 à 1,4 Eeff. La diode DB ne conduit pas. Pendant l'alternance négative suivante (figure 5), DB conduit et permet de charger le condensateur C2 tandis que DA ne conduit pas. La tension de sortie du circuit est la somme des tensions charge des deux condensateurs, elle atteint donc 2,8 x Eeff en l'absence de charge sur la sortie. Ici les deux condensateurs reçoivent, chacun, une charge par période. Le circuit se comporte comme un redresseur à deux alternances mais avec une tension double* dans les crêtes.

Le montage doubleur à deux alternances a un rendement supérieur au précédent et nous aurons toujours intérêt à l'utiliser lorsque nous disposerons d'un transformateur d'isolement ; en effet son secondaire doit être isolé lorsque la sortie du circuit a un point à la masse.

Le multiplicateur de tension :

Les figures 7 et 8 vous montrent des circuits tripleurs et quadrupleurs de tension. Le tripleur est une combinaison de deux circuits à une alternance : un redresseur et un doubleur. Le

Fig. 7 : Tripleur de tension.

Fig. 8 : Quadrupleur de tension.

Fig. 9 : Multiplicateur en cascade.

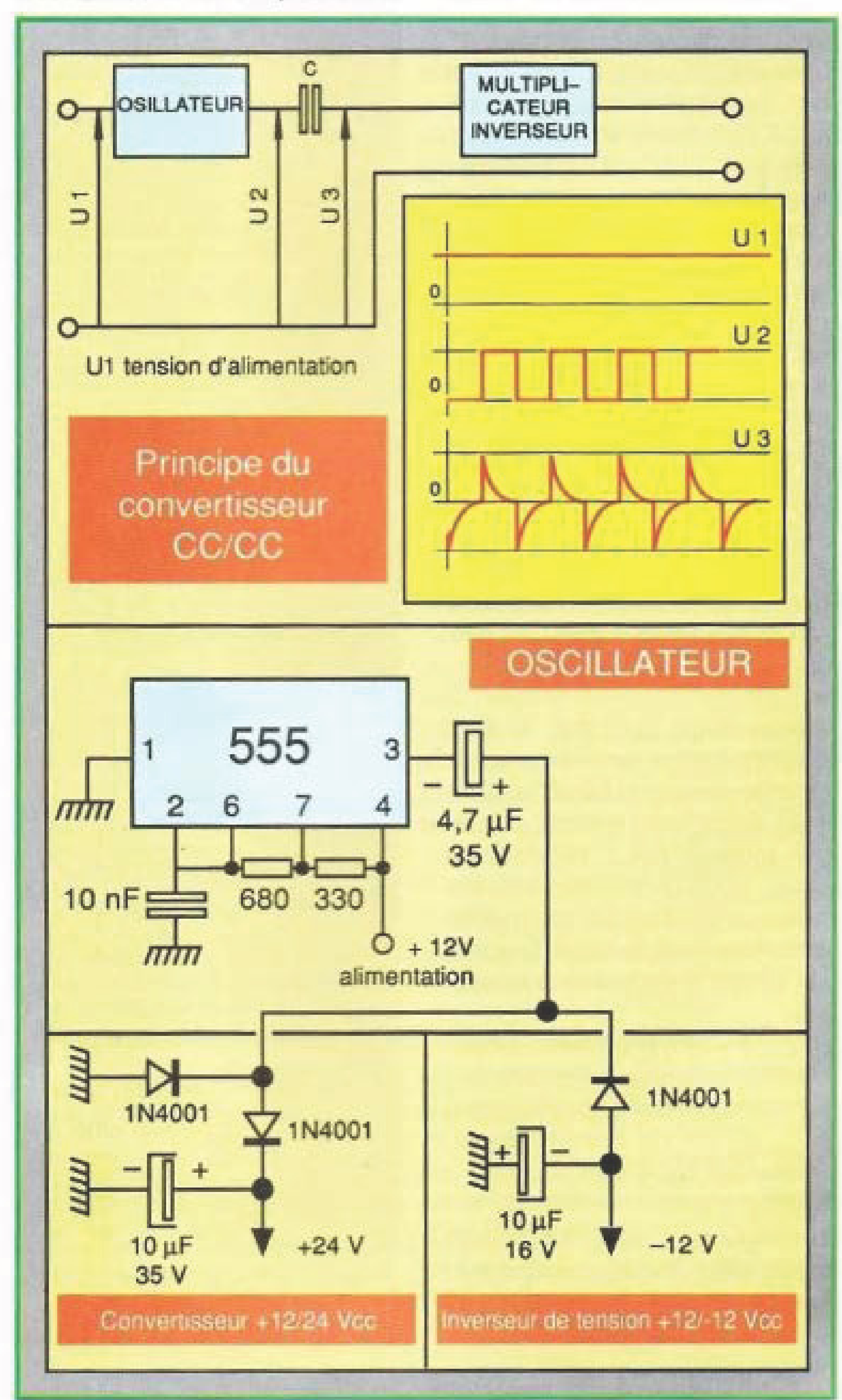
circuit quadrupleur est formé d'une succession de deux doubleurs : ce montage est dit «en cascade» : chaque fois que nous ajoutons une cellule doubleuse (diode et condensateur) la tension redressée est augmentée d'un facteur un (figure 9). Ce circuit est souvent utilisé pour obtenir de très hautes tensions (plusieurs kV à partir de 220 V), par exemple, celle nécessaire à la post-accélération d'un tube d'oscilloscope.

Enfin n'oubliez pas que la puissance reste constante au rendement près ! Lorsque la tension est multipliée par un facteur N, l'intensité est divisée par le même facteur. Ces circuits ne peuvent, bien sûr, fonctionner tels quels qu'à partir d'un courant alternatif.

LES CONVERTISSEURS DE TENSION CONTINUE

Dans les montages électroniques, il arrive parfois que nous ayons besoin d'une tension différente de celle de l'alimentation et sous un courant très faible. Pour éviter d'avoir recours des batteries ou à des alimentations supplémentaires pour une si faible consommation, nous avons recours à un convertisseur «CC/CC» (courant continu/courant continu) qui fonctionne ainsi : Un étage oscillateur transforme la tension d'alimentation disponible en tension rectangulaire ou «découpée» qui devient alternative au passage d'un condensateur. Cette tension alternative qui n'est pas sinusoïdale, mais ça n'a pas d'importance ici, peut être redressée par un circuit multiplicateur ou bien tout simplement redressée en sens inverse pour obtenir une tension négative. La fréquence est de quelques kHz, ce qui simplifie le filtrage. Les deux exemples que nous vous donnons ici, sont classiques et font appel au circuit intégré 555 bien connu. Le multiplicateur de tension est destiné à alimenter un afficheur fluorescent qui exige une tension positive d'une vingtaine de volts. L'inverseur fournit la tension négative nécessaire à un amplificateur opérationnel. Notons qu'il existe maintenant des circuits intégrés spécialisés pour cet usage, mais le principe reste le même.

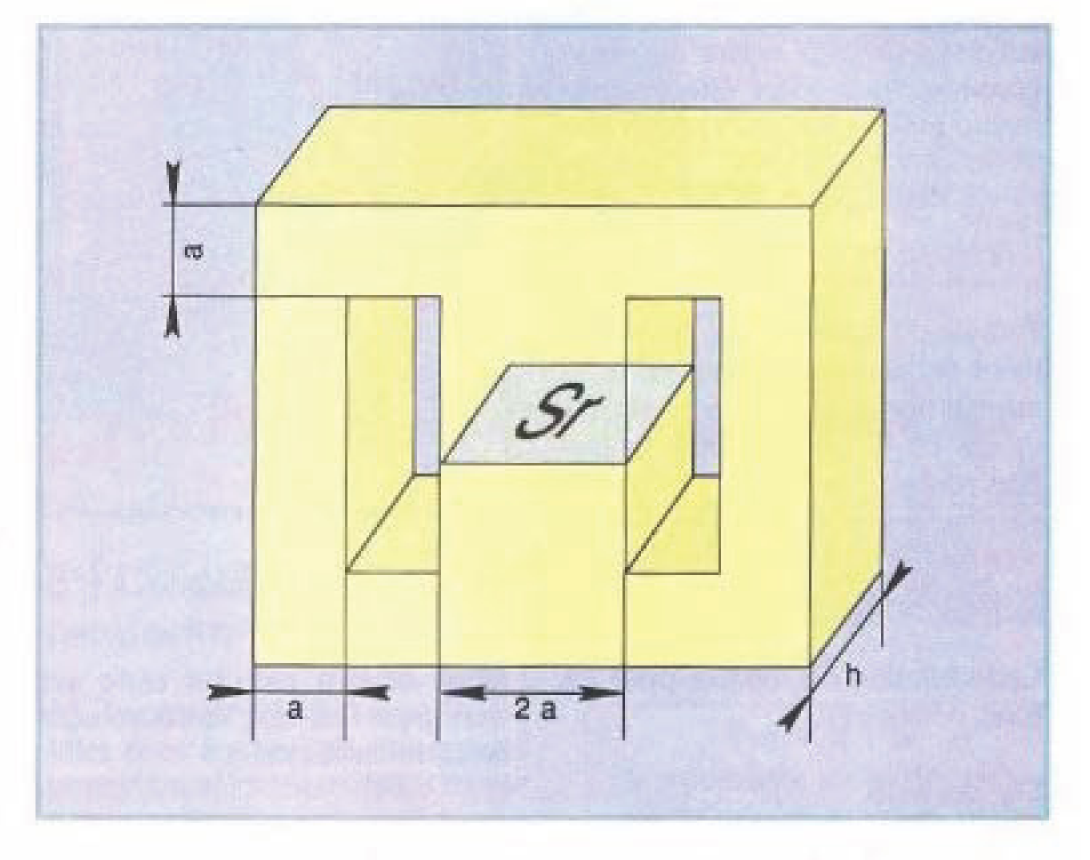
Ces circuits convertisseurs très pratiques ont cependant un faible rendement, aussi ne conviennent-ils que pour des puissances de l'ordre du watt au maximum.

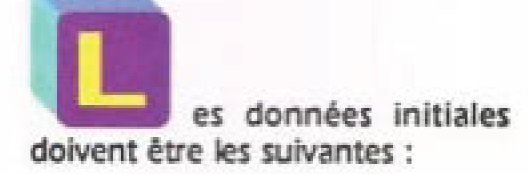




CALCUL SIMPLIFIE D'UN TRANSFORMATEUR

Les bobineurs de profession, font appel à des abaques et surtout à leur savoir faire. Mais pour le profane, ces calculs utilisables dans la pratique sont suffisamment précis pour la réalisation des petits transformateurs utilisés en électronique.





Les données initiales doivent être les suivantes :

U1 = Tension efficace du primaire en volts,
U2 = Tension efficace du secondaire en volts, (U21, U22, etc... s'il y a plusieurs secondaires).
I2 = Intensité efficace au secondaire en ampères, (I21, I22, etc... s'il y a plusieurs secondaires),
ou bien P2, la puissance apparente au secondaire en VA, (P21, P22, etc... s'il y a plusieurs secondaires).

Accessoirement : le rendement global du transformateur r en % et les conditions de fonctionnement (continu ou intermittent).

Pour les calculs, vous devez suivre la marche suivante :

- Calcul du (ou des) rapport (s) de transformation (facultatif).
- Calcul de la section du noyau magnétique,
- Calcul de la section du fil,
- Calcul du nombre de tours des enroulements,
- Calcul du rendement,
- Prévision de la mise en place des enroulements.
- Accessoirement, calcul du poids et de l'encombrement.

Note : Dans les calculs qui suivent, les grandeurs électriques alternatives sont données en valeurs nominales efficaces. Pour le calcul du noyau magnétique, l'induction B est donnée en valeur maximale.

Σ (sigma signifie " somme de")

1°) Calcul du rapport de transformation

Nous l'avons déjà vu, ce rapport est égal à celui du nombre de spires : Vous pouvez le connaître à titre indicatif, mais il ne vous servira pas dans la procédure qui suit :

$$n = N2 / N1 = U2 / U1$$

2°) Calcul de la section du noyau

La puissance nécessaire au secondaire P2 est la somme des puissances calculées pour chacun des enroulements secondaires en partant des tensions utilisées et des intensités consommées.

$$P2 = \sum U2.I2 \text{ (en VA)}$$

Nous admettons au départ un rendement moyen de 80 %. Ce qui nous permet de calculer la puissance absorbée au primaire soit :

$$P1 = 1{,}25 . P2 \text{ (en VA)}$$

Si nous choisissons des tôles magnétiques ordinaires dont les pertes sont de 3,6 watts par kilogramme, la section effective du noyau est donnée par la relation :

$$Se = 1{,}2 \sqrt{P1}$$

avec Se en cm2 et P1 en VA

Pour tenir compte du foisonnement des tôles magnétiques, nous augmentons cette section effective de 10 % pour obtenir la section réelle Sr du noyau :

$$Sr = 1{,}3 \sqrt{P1}$$

avec Sr en cm2 et P1 en VA

Cette relation est valable pour les tôles ordinaires.

Elle devient

$Sr = 1{,}1 \sqrt{P1}$

pour les tôles à grains orientés

et

$Sr = 1 \sqrt{P1}$

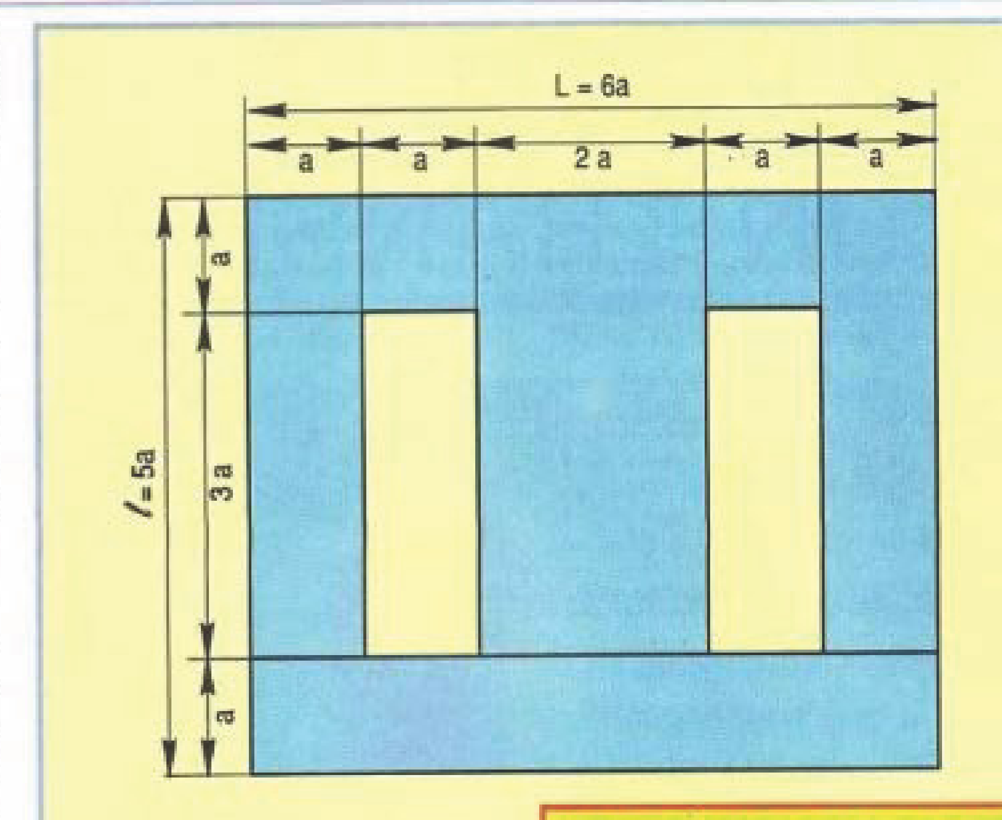
pour les tôles au nickel.

A partir de cette section Sr, nous pouvons définir les dimensions a et h sans oublier que la section carrée est la section la plus favorable (h = 2a).

Nous nous basons ici sur une découpe en EI de loin la plus courante. Le nombre de tôles nécessaires est maintenant donné par le rapport :

$$Nt = \frac{Sr}{h.e}$$

e étant l'épaisseur d'une tôle en cm (en général e = 0,035 cm).



Tôles normalisées EI :

a mm	L mm	l mm
5	30	25
7	42	35
8	48	40
9	54	45
10	60	50
12,5	75	62,5
14	84	70
16	96	80
18	108	90
20	120	100
21	126	105
22,5	135	112,5
25	150	120
30	180	150
35	210	175
40	240	200

3°) Calcul de la section du fil

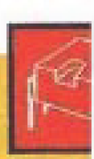
Nous devons calculer cette section pour chaque enroulement, suivant la relation :

$$s = \frac{I}{D}$$

s = section du fil en mm2
I = intensité en ampères traversant l'enroulement
D = la densité de courant en A / mm2

Cette densité de courant dépend de la puissance du transformateur et de ses conditions d'utilisation (service continu ou intermittent) : Choix de la densité de courant pour une fréquence ≥ 400 Hz :

Puissance nominale du transformateur	D en A / mm2	
	Service intermittent	Service continu
jusqu'à 50 VA	5	4
de 50 à 100 VA	4,5	3,5
de 100 à 500 VA	4	3
de 500 à 1000 VA	3,5	2,5
de 1000 à 10000 VA	3	2



4°) Nombre de tours des enroulements

Le flux magnétique (Ø = B . Sr) restant le même dans tous les enroulements, nous calculons maintenant le nombre de spires par volt à partir de la relation :

$$N = \frac{10^4}{4{,}4 \cdot f \cdot B \cdot Sr}$$

- N est le nombre de spires par volt (sp./V)
- f est la fréquence en Hz
- B est l'induction en Tesla
- Sr est la section réelle du noyau magnétique en cm2

Pour la fréquence du secteur f = 50 Hz et des tôles ordinaires dont B = 1 T la formule devient :

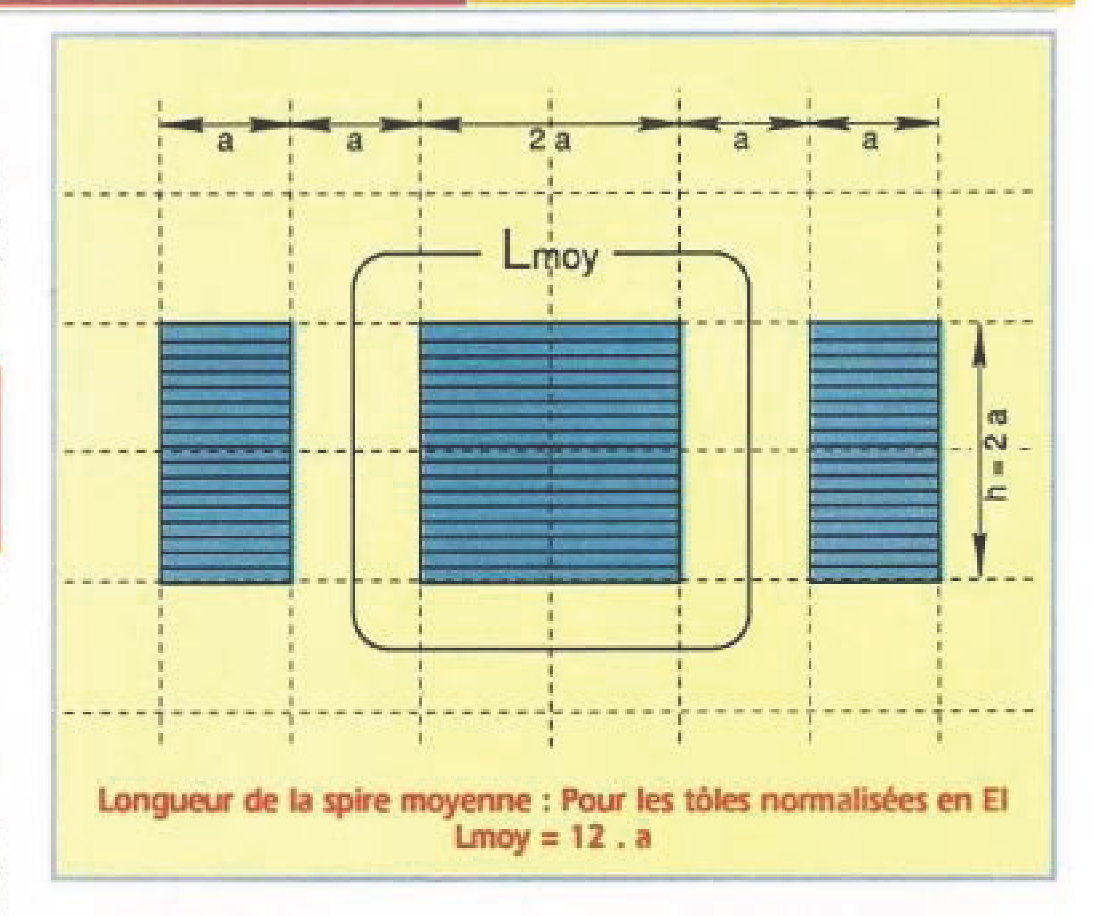
$$N = \frac{10^4}{4{,}4 \times 50 \times 1 \times Sr}$$

$$N = \frac{45}{Sr}$$

Le nombre de spires de chaque enroulement s'obtient tout simplement en mutipliant N par la tension désirée à ses bornes :

N1 = N . U1
N2 = N . U2
etc...

Ensuite, nous pouvons calculer la section totale de cuivre des différents enroulements (s1.N1 + s2.N2 + ...) qui doit nous permettre de choisir une tôle de découpe normalisée telle que la section d'une fenêtre soit égale à 3 ou 4 fois environ cette section totale de cuivre. En effet, il faut tenir compte de la section très importante des isolants (carcasse, couches) et de l'espace perdu par le bobinage. Il faut aussi respecter autant que possible la côte a définie au § 2°).



Longueur de la spire moyenne : Pour les tôles normalisées en EI
Lmoy = 12 . a

5°) Calcul du rendement

a) Pertes dans le cuivre :

Elles sont égales à la somme des pertes par effet Joule dans chaque enroulement :

$$P_{cu} = \sum R \cdot I^2 = R1 \cdot I^2 1 + R2 \cdot I^2 2 + \ldots$$

La résistance de chaque enroulement est calculée d'après la relation :

$$R = \rho \cdot \frac{L}{s}$$

la résistivité du cuivre
ρ = 0,017 Ω.mm2/m
(il sagit de la lettre grecque" Rhô")
L étant la longueur (en mètre) de la spire moyenne multipliée par le nombre de spires de l'enroulement.
s est la section du fil en mm2.

Pour vous épargner ce calcul fastidieux (et surtout des erreurs de zéros ou de virgule !), vous pouvez vous servir du tableau donnant les caractéristiques des fils de cuivre émaillés publié dans le chapitre précédant (voir ABC Electronique N°14).

b) Pertes dans le fer :

Elles sont données en watts par la relation simple :

$$P_{fe} = k \cdot M$$

k représente les pertes en watts par kilogramme (W/kg) et dépend de la qualité des tôles utilisées ; elles sont données par le fabriquant sinon vous les trouverez sur le graphique ci-joint page suivante*.
M est la masse totale du circuit magnétique en kilogrammes.

Les pertes dans le fer représenteront les pertes à vide du transformateur une fois terminé.

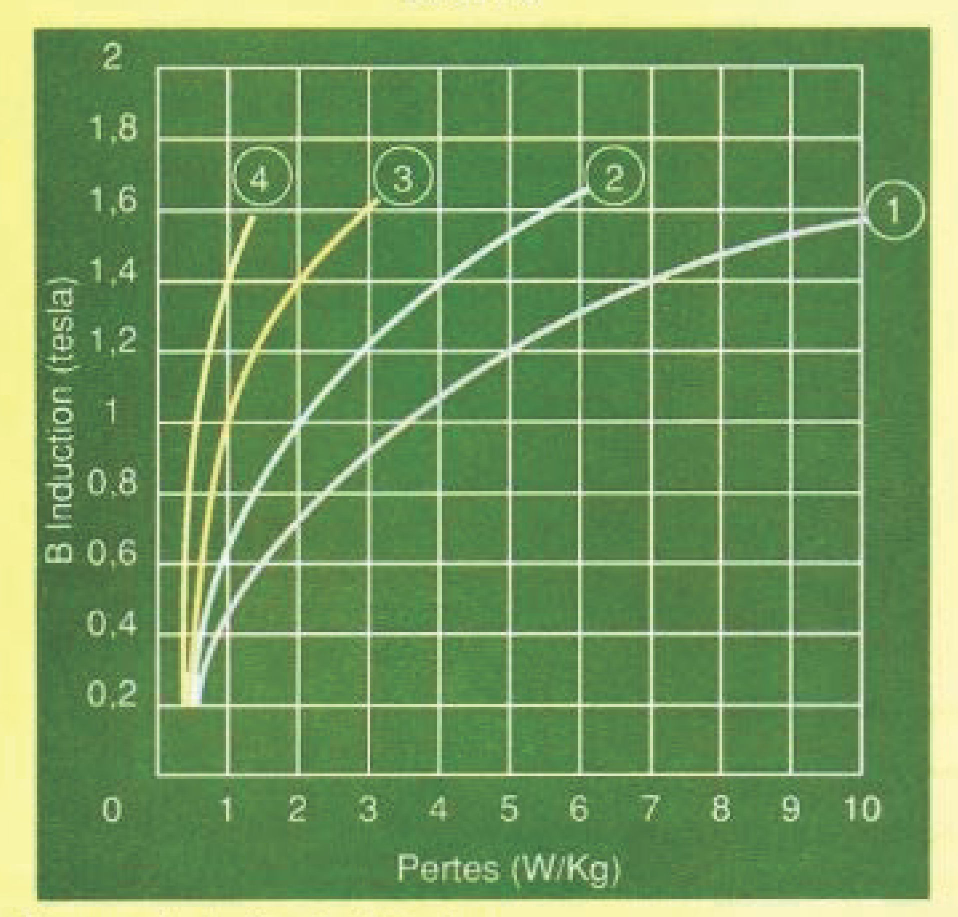
c) Rendement :

Le rendement en % est donné par la relation : (η = en grec "Eta")

$$\eta\% = 100\,\frac{P2}{P1} = 100\,\frac{P2}{(P2 + P_{cu} + P_{fe})}$$

- P1 = Puissance nominale absorbée au primaire.
- P2 = Puissance correspondante délivrée par le(s) secondaire(s).
- Pcu= Pertes totales dans le cuivre de tous les enroulements.
- Pfe= Pertes dans le circuit magnétique.

*** Pertes en fonction de l'induction pour les différentes qualités de tôles d'une épaisseur normalisée de 0,35 mm et à une fréquence de 50 Hz.**



Pour une induction B = 1 Tesla :
1 - Tôles ordinaires à 1% de silicium : 3,6 W/kg
2 - Tôles à 2 % de silicium : 2 W/kg
3 - Tôles à 3 % de silicium : 1 W/kg
4 - Tôles à 3,5 % de silicium et à grains orientés : 0,6 W/kg

Un transformateur correctement calculé doit avoir un rendement compris entre 70 et 90 %. S'il est inférieur à 70 % vous devez recommencer les calculs en procédant à la (ou aux) modification(s) suivantes :

- Augmentation de la section du circuit magnétique.
- Choix de tôles de meilleures qualité.
- Augmentation de la section des conducteurs.

6°) Mise en place des enroulements

A partir de la dimension a que vous aurez choisie pour les tôles normalisées en EI, vous devez vérifier si la carcasse munie de ses enroulements et de ses isolants peut être effectivement logée dans les fenêtres du circuit magnétique. Pour cela nous vous donnons les côtes usuelles :

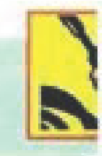
- Carcasse : Epaisseur 2 mm + un jeu de 0,5 mm entre carcasse et circuit magnétique.
- Fil : Le nombre de spires par couche s'obtient en divisant la largeur intérieure de la carcasse par le diamètre du fil émaillé majoré de 10 % (pour tenir compte des imperfections du bobinage : spires non rigoureusement jointives par exemple...). Le diamètre du fil émaillé est celui du conducteur + une majoration constante de 0,05 mm due à l'épaisseur de l'émail, ce qui ne peut être négligé pour les fils de très faible diamètre !
- Isolant entre couches : Pour assurer le calage des spires, l'épaisseur de papier «kraft» ou «cristal» utilisé pour isoler les couches entre elles dépend du diamètre du fil. En effet cet isolant sert aussi à combler les vides et à aplanir les irrégularités.
- Isolant entre enroulements : Vous multipliez par 4 l'épaisseur de l'isolant entre couches. Si le transformateur comporte un écran en feuillard de cuivre entre primaire et secondaire(s) considérez-le comme un enroulement dont l'épaisseur est de 0,2 mm.

Note : Pour des raisons de sécurité, l'enroulement primaire (220 V CA) est généralement bobiné en premier. Cette disposition est d'ailleurs pratique car elle vous laisse la possibilité, par la suite, de modifier quelque peu le secondaire sans avoir à rebobiner le tout.

CONCLUSION

Ce calcul vous semblera un peu long, mais nous avons tenu ici à vous l'exposer dans les moindres détails, car il vous sert en même temps de leçon de technologie. Si vous voulez modifier, réparer ou reconstruire un transformateur, il vous suffira de n'en faire qu'une partie et si certains d'entre-vous le désirent, nous pourrons, par la suite, en faire une application.

Isolant entre couches	Diamètre du fil
0,08 mm	Ø ≤ 0,6 mm
0,12 mm	0,6 < Ø ≤ 0,8 mm
0,18 mm	0,8 < Ø ≤ 1,2 mm
0,25 mm	Ø > 1,2 mm



3°) LA COMMANDE CAPACITIVE

Le 555 est ici utilisé en monostable. En effet, l'entrée 2 («trigger») du circuit attend qu'un signal lui soit appliqué. Pour produire ce signal, il suffit de toucher d'un doigt les deux électrodes qui sont sur le circuit imprimé, pour que la sortie bascule. La LED LD04 permet de visualiser l'état de la sortie et son temps d'allumage dépend **de C06 et de R09.** La diode D03 a pour but d'éviter le blocage du montage et que la sortie ne reste à l'état haut surtout si vous vous trouvez dans un milieu très parasité. Vous pouvez ne pas la mon-

Liste des composants :

pour la commande capacitive.

Résistances à couche 5 à 10 %, 1/4 W :

- R09 10 kΩ
- R10 1,2 kΩ

Condensateurs :

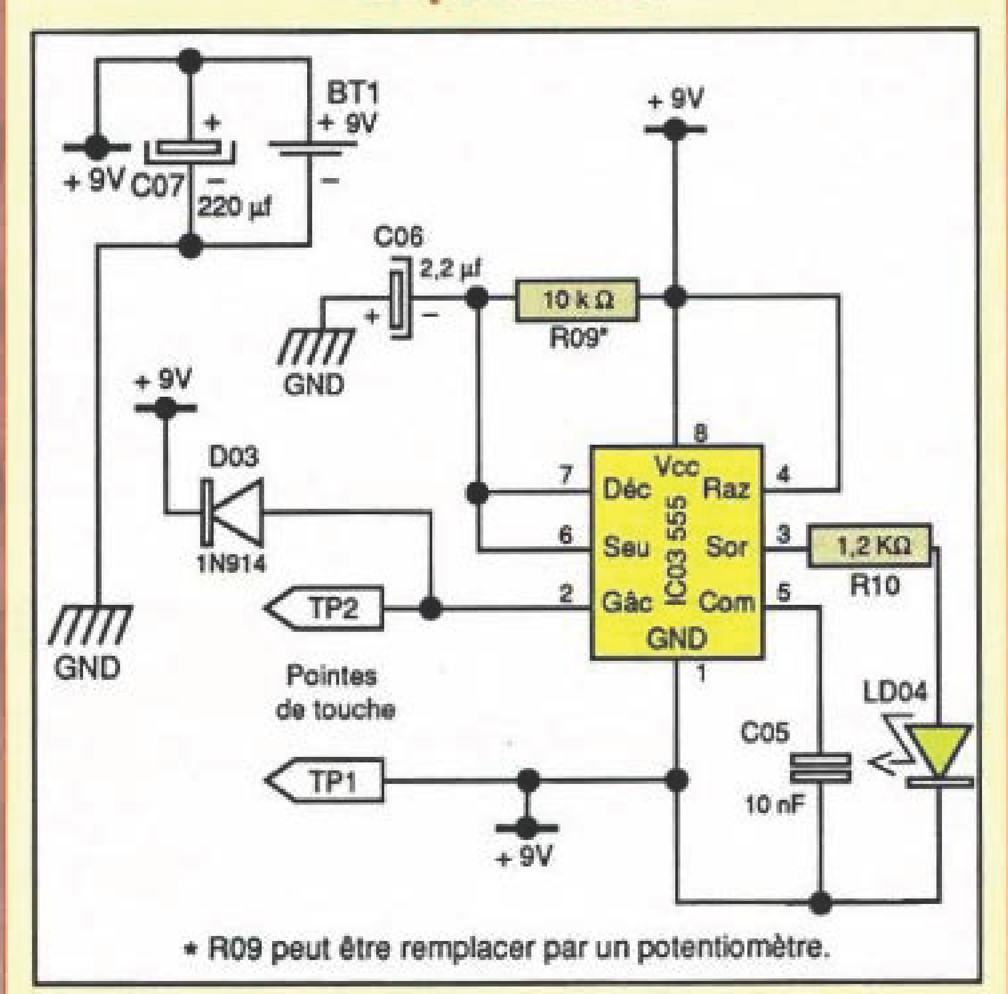
- C05 10 nF polyester MKS 100 V, sorties radiales.
- C6 47 µF / 6,3 V, Tantale «goutte».

Semi-conducteurs :

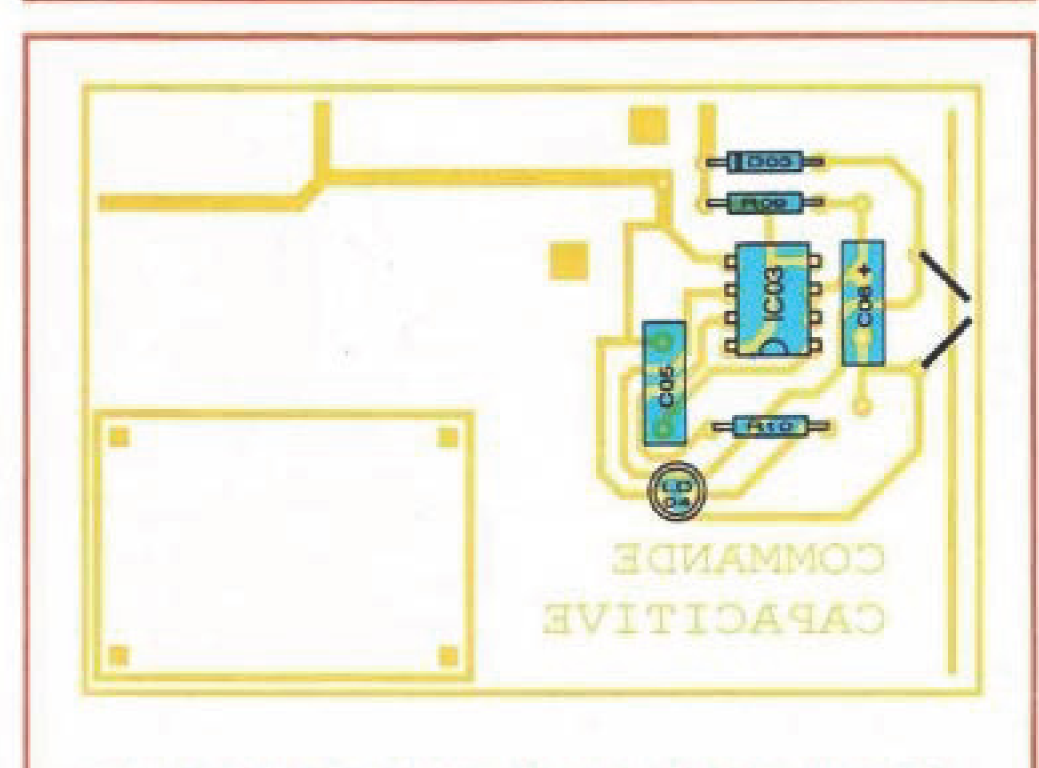
- D03 Diode 1N914 ou 1N4148.
- LD04 Diode LED miniature Ø. 3 mm, couleur au choix.
- IC03 Circuit intégré 555 en boîtier DIL 8.

La «touche» sensible de la commande est formée par les deux points TP1 et TP2 qui comportent deux queues de résistance assez rapprochées l'une de l'autre (voir la vue partielle du montage).

Schéma de la commande capacitive.



* R09 peut être remplacer par un potentiomètre.



Vue partielle du montage : la commande capacitive.

ter dans un premier temps, mais si la LED LD04 reste toujours allumée, vous montez la diode à l'endroit indiqué.

Ce circuit réagira plus ou moins bien suivant le degré d'humidité de votre peau. Une peau moite agit plus facilement.

REMARQUES :

- Les condensateurs de découplage à la masse C02 et C07 ne sont utiles que si l'on veut obtenir des fréquences plus hautes sur la sortie du générateur.

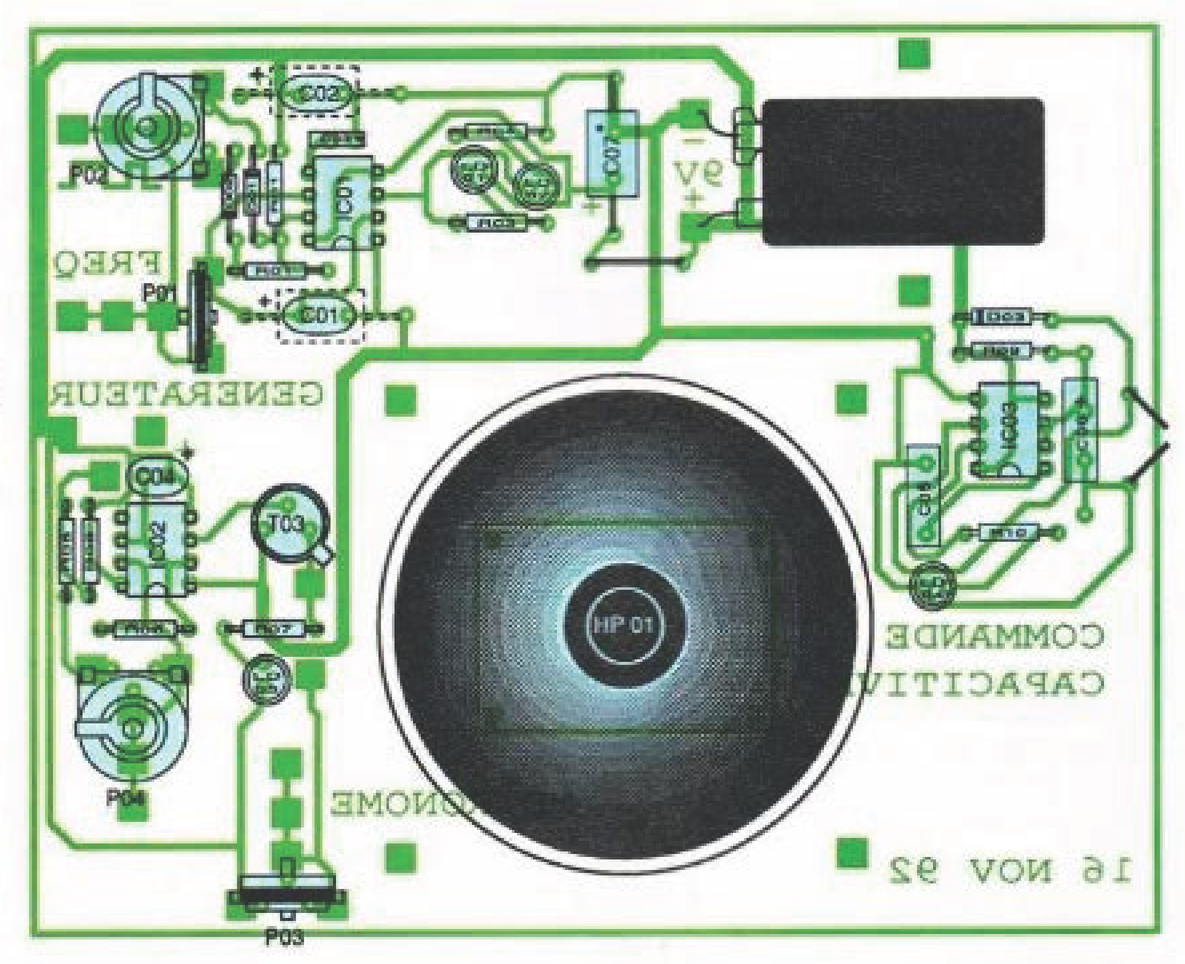
- Nous sommes conscients des problèmes d'approvisionnement en composants, aussi pour les potentiomètres, nous avons utilisé une implantation multiple pouvant accepter les petits et les grands modèles verticaux ou horizontaux.

Il en est de même pour les condensateurs. C'est pour cette raison que le circuit imprimé comporte plus de trous et pastilles qu'il n'en faut pour les potentiomètres et certains condensateurs.

- Les condensateurs au tantale sont polarisés, ils peuvent être remplacés par des condensateurs électrolytiques ordinaires plus encombrants. Les condensateurs au tantale sont plus performants (nous comptons vous en parler bientôt) mais ils ne supportent pas les court-circuits francs et les erreurs de polarité.
- Il existe plusieurs versions du 555, citons celle en technologie CMOS à très faible consommation, citons aussi les boîtiers intégrant deux ou quatre 555 ! N'utilisez ici que le modèle 555 courant en boîtier DIL 8 et pour lequel ce montage est prévu.

RECAPITULATION

Nous vous donnons ici la vue générale de la plaquette avec l'implantation de tous les composants.



L'auteur de cette réalisation reste à votre disposition pour tous renseignements complémentaires (n'oubliez pas une enveloppe-réponse self-adressée et timbrée) et peut vous procurer le circuit imprimé percé port compris en recommandé pour le prix de 80 F :

Jean-Marie Sciangula «Couty», 74150 Sales.

S O N D A G E

Cela fait maintenant 15 mois que nous vous livrons l'ABC de l'électronique. Il nous semble très important de vous demander votre avis. Ce sondage nous permettra d'orienter au mieux notre rédaction afin de vous aider à comprendre l'électronique.

L' ABC sous forme de fiche vous le trouvez :
- ❑ pratique
- ❑ sans intérêt

La progression générale du niveau de l'ABC vous semble :
- ❑ lente
- ❑ rapide
- ❑ moyenne

Les couleurs sont :
- ❑ à votre goût
- ❑ de trop
- ❑ sans opinion

Le nombre de photos est :
- ❑ convenable
- ❑ exagéré
- ❑ insuffisant

Le nombre de dessins est :
- ❑ convenable
- ❑ exagéré
- ❑ insuffisant

Les dessins sont :
- ❑ clairs
- ❑ confus
- ❑ sans opinion

Les articles expliquant les montages sont :
- ❑ compréhensibles
- ❑ trop concis
- ❑ trop longs

Les montages sont d'un niveau :
- ❑ faible
- ❑ bon
- ❑ trop élevé

Faut-il :
- ❑ plus de montage
- ❑ un suffit
- ❑ un de temps en temps

Avez-vous déjà réalisé des montages ?
❑ oui ❑ non

Les articles "théorie" sont :
- ❑ compréhensibles
- ❑ trop concis
- ❑ trop long

Les articles "théorie" sont d'un niveau :
- ❑ faible
- ❑ bon
- ❑ trop élevé

Les articles "communication" sont d'un niveau :
- ❑ faible
- ❑ bon
- ❑ trop élevé

Les articles "loisirs" sont d'un niveau :
- ❑ faible
- ❑ bon
- ❑ trop élevé

Les articles "technologie" sont d'un niveau :
- ❑ faible
- ❑ bon
- ❑ trop élevé

Les articles sur les composants sont d'un niveau :
- ❑ faible
- ❑ bon
- ❑ trop élevé

Composez votre ABC et donnez, selon vous, le nombre de fiches par rubrique que vous souhaiteriez voir dans votre revue, sachant que vous disposez de 10 fiches.

Mettez devant chaque rubrique un nombre entre 0 et 10

- ☐ THEORIE
- ☐ MONTAGE
- ☐ MESURES
- ☐ COMPOSANTS : diode, tubes, transistors, condensateurs,...
- ☐ TECHNOLOGIE
- ☐ PRATIQUE
- ☐ COMMUNICATION
- ☐ LOISIRS, SECURITE, EXPO

Une rubrique manque dans l'ABC, laquelle :

Des sujets vous sont apparus flous ou incomplets, lesquels :

Trouvez-vous facilement votre ABC chez votre marchand de journaux ?
- ❑ OUI
- ❑ NON

si non, indiquez la ville

S O N D A G E

QUI ETES VOUS ?

❑ Femme
❑ Homme

❑ moins de 15 ans
❑ de 15 à 20 ans
❑ de 20 à 35 ans
❑ au-dessus

❑ dans les études
❑ dans la vie professionelle

L'électronique est pour vous :
❑ un futur métier
❑ un hobby

Vous lisez d'autres revues sur ce même sujet, lesquelles :

Vous avez un hobby proche de l'électronique, si oui lequel ?
❑ NON
❑ OUI

Faites-vous des réalisations pratiques ?
❑ NON
❑ OUI

Quel type de réalisation souhaiteriez-vous voir publier ?

Avez-vous des difficultés pour trouver des composants électroniques ?
❑ NON
❑ OUI

Chez vous, avez-vous aménagé un coin spécialisé pour cette occupation ?
❑ NON
❑ OUI

Quel est votre budget annuel consacré pour cette passion ?
❑ moins de 500 F
❑ de 500 F à 1000 F
❑ plus 1000 F

Depuis que vous lisez ABC de l'électronique, avez-vous acheté du gros matériel. Exemple : Oscilloscope, banc d'insolation , multimètre professionnel ...
❑ NON
❑ OUI

Quel est votre nombre d'heures par semaine consacré à une activité ayant rapport à l'électronique ?

...... Heures

Comment avez-vous découvert l'ABC de l'électronique ?
❑ Kiosque
❑ Ami(s)
❑ Ecole

Faites-vous parti d'un club ?
❑ OUI
❑ NON

Connaissez-vous d'autres revues de nos édition ?
❑ OUI
❑ NON

Pour avoir abusé de votre temps, voulez-vous recevoir une de nos revues comme cadeau ?

❑ OUI
❑ NON

Si oui, indiquez votre choix par ordre de préférence en les numérotant de 1 à 3.

☐ Informatique
☐ Radiocommunication
☐ Citizen band

Voulez-vous inscrire votre adresse pour qu'on vous la fasse parvenir.

Nom : ------------------------------
Prénon : ---------------------------
Ville : ------------------------------

Code : ------------------------------

Suggestions :

Merci de renvoyer ce sondage à : ABC de l'électronique Sondage
BP 88 - 35170 BRUZ

AIDE–MEMOIRE ELECTRONIQUE

R. BESSON

Composants, satellites, vidéo, so-norisation, radio, télévision. Des bases de l'électricité jusqu'aux produits de l'électronique grand public.

448 pages - REF BOR41410 97F. + 25 F port

LIVRE DES GADGETS ELECTRONIQUES

B. FIGHIERA

Pour les jeunes et débutants qui pourront réaliser, sans connaissances spéciales, des montages "tremplins" : sirène, interphone,etc...

130 pages - REF BOR23826 135F. + 25 F port

GUIDE PRATIQUE DES MONTAGES ELECTRONIQUES

M. ARCHAMBAULT

De la conception des circuits imprimés jusqu'à la réalisation des façades de coffrets en passant par la fixation des composants.

144 pages - REF BOR23821 90F. + 25 F port

200 MONTAGES ELECTRONIQUES SIMPLES

W.SOROKINE

Montages demandant très peu de composants, effectués en une soirée et vérifiable immédiatement. Avec circuits intégrés.

384 pages - REF BOR25576 160F. + 25 F port

REUSSIR 25 MONTAGES A CIRCUITS INTEGRES

B. FIGHIERA

Circuits intégrés logiques - 5 jeux - 6 gadgets pour la maison - 6 appareils de mesure - 8 montages BF et HI-FI.

128 pages - REF BOR23829 95F. + 25 F port

ELECTRONIQUE LABORATOIRE ET MESURE

B. FIGHIERA ET R. BESSON

Nombreux shémas pratiques de ma-tériels utilisables pour l'amateur bri-coleur.

176 pages - REF BOR23808 130F. + 25 F port

ELECTRONIQUE JEUX ET GADGETS

B.FIGHIERA ET R. BESSON

Applaudimètre - Truqueur de voix - Anti-ronfleur - Casse-tête électronique - Gradateur de lumière -Badge lumineux -

160 pages - REF BOR23806 130F. + 25 F port

CIRCUITS IMPRIMES

P. GUEULLE

Conception et réalisation. Les principales notions d'optique, de photochimie et de reprographie, pour comprendre véri-tablement ce que l'on fait.

160 pages - REF BOR23841 140F. + 25 F port

1500 SCHEMAS ET CIRCUITS ELECTRONIQUES

R. BOURGERON

300 nouveaux schémas. Accès par fonction a été ajouté.

558 pages - REF BOR25497 240F. + 25 F port

350 SCHEMAS HF DE 10 kHz A 16 Hz

H. SCHREIBER

Ce livre est un outil efficace de recherche, d'idées de circuits et une bibliographie de schémas publiés.

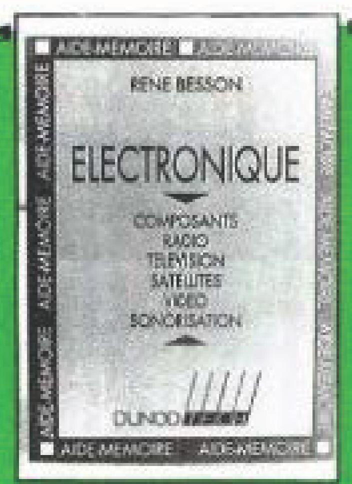
320 pages - REF BOR25495 190F. + 25 F port

270 SCHEMAS D'ALIMENTATION

H. SCHREIBER

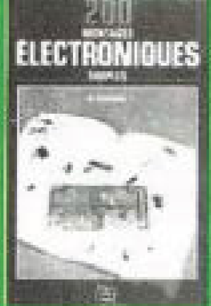
Livre de référence à consulter très souvent ! Panorama de tout ce qui touche aux alimentations avec une sélection de schémas de circuits sé-curité.

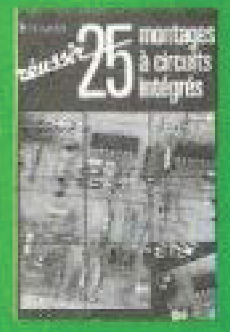
224 pages - REF BOR25498 190F. + 25 F port















Bon de commande à envoyer aux Editions SORACOM
La Haie de Pan 35170 - BRUZ

TITRE	Référence	Port	Prix
		25 F	
		25 F	
		25 F	
		Total	

Nom : ____________ Prénom : ____________

Adresse : ____________

Code postal : ________ Ville : ____________

Date : ____________ Signature

Je joins mon règlement
❏ chèque bancaire ❏ chèque postal ❏ mandat

❏ JE REGLE PAR CARTE BANCAIRE

Date d'expiration Signature

LES EDITIONS SORACOM

